

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Japanese Laid-open Patent

Laid-open Number:	Sho 60-21028
Laid-open Date:	February 2, 1985
Application Number:	Sho 58-129249
Filing Date:	July 15, 1983
Applicant:	CANON INC.

Specification

1. Title of the Invention Optical Modulating Element and Method of Manufacturing the Same

2. Scope of Claims

(1) An optical modulating element having a liquid substance capable of optical modulation between a pair of parallel substrates, characterized by comprising a plurality of band-shaped spacers having conduction ports between the pair of parallel substrates.

(2) A method of manufacturing an optical modulating element in which a plurality of band-shaped spacers having conduction ports are disposed between a pair of parallel substrates, characterized by comprising:

a step of manufacturing an empty cell by sealing vicinities between the pair of parallel substrates except a portion serving as an injection port;

a step of disposing a liquid substance capable of optical modulation in the injection port formed in the empty cell after placing the empty cell under a reduced pressure; and

a step of making an air pressure outside the empty cell greater than the air pressure within the empty cell, and injecting the liquid substance capable of optical modulation, which is disposed covering the injection port of the empty cell, through

the conduction port provided in the empty cell by the air pressure difference therebetween.

3. Detailed Description of the Invention

The present invention relates to an optical modulating element that uses a liquid substance capable of optical modulation, such as a liquid crystal, and specifically, relates to an optical modulating element that uses a liquid crystal element such as a liquid crystal display element or a liquid crystal - light shutter array.

Liquid crystal display elements that display images or information, in which a scanning electrode group and a signal electrode group are formed in a matrix shape and a liquid crystal compound fills a space between the electrodes, thus forming many pixels, are well known conventionally.

For example, there are liquid crystal elements that use the TN (twisted nematic) liquid crystals shown by M. Schadt, and W. Helfrich, in "Voltage Dependent Optical Activity of a Twisted Nematic Liquid Crystal", Applied Physics Letters, Vol. 18, No. 4 (1971, 2, 15) pp. 127-128. This type of liquid crystal is one in which nematic liquid crystal molecules, which possess positive dielectric anisotropy in a non-electric field state, form a twisted structure (helical structure) in a liquid crystal layer thickness direction, and the liquid crystal molecules form a structure in which they are arranged in parallel at both electrodes. On the other hand, in an electric field applied state, the nematic liquid crystals, which possess positive dielectric anisotropy, are arranged in the electric field direction, and optical modulation can be brought about as a result.

In contrast, display elements that use ferroelectric liquid crystals, particularly liquid crystals having the chiral smectic C phase (Sm^*C) or H phase (Sm^*H), have

been proposed in recent years as disclosed in "Ferroelectric Liquid Crystals", "LE JOURNAL DE PHYSIQUE LETTERS", 36 (L-69) 1975; "Submicro Second Bistable Electrooptic Switching in Liquid Crystals", "Applied Physics Letters", 36 (11) 1980; "Liquid Crystals", "Solid-State Physics", 16 (141) 1981, and the like.

Disposing band-shaped spacers capable of orientation control with a width on the order of 1 μm , between a pair of parallel substrates, for example, at a rate of 10 spacers/mm, can be considered as a method of controlling the orientation of these liquid crystals in optical modulating elements that use these ferroelectric liquid crystals.

In order to inject the liquid substance capable of optical modulation, such as a liquid crystal, into a cell in which these band-shaped spacers are disposed between the pair of parallel substrates, it is necessary to inject the liquid substance into each gap formed between the band-shaped spacers, and the process for manufacturing such modulation elements becomes complex. Moreover, injection ports for injecting the liquid substance between the band-shaped spacers are formed for each space between the band-shaped spacers, and therefore it is necessary to seal each of the plurality of injection ports after injecting the liquid substance therein. Not only the manufacturing process becomes complex, but the reliability, and in addition the durability and stability, of the optical modulating elements are adversely influenced in accordance with the large number of injection ports.

An object of the present invention is to provide an optical modulating element in which the aforementioned disadvantages and problems are resolved, and to provide a method of manufacturing the optical modulating element.

Another object of the present invention is to provide an optical modulating

element suitable for Sm*C or Sm*H liquid crystals, and to provide a method of manufacturing the optical modulating element.

The objects of the present invention are achieved by an optical modulating element having a liquid substance capable of optical modulation between a pair of parallel substrates, which includes a plurality of band-shaped spacers, which have conduction ports between the pair of parallel substrates.

Liquid substances capable of optical modulation which are used by the present invention are liquid substances that have ferroelectric characteristics, and specifically, liquid crystals having the chiral smectic C phase (SmC*) or H phase (SmH*) can be used. These liquid crystals have bistability states composed of a first optically stable state and a second optically stable state. Accordingly, differing from the optical modulating element used in the aforementioned TN liquid crystal, the liquid crystals may orient in the first optically stable state with respect to one electric field vector, and the liquid crystals may orient in the second optically stable state with respect to the other electric field vector.

Specific examples of the ferroelectric liquid crystal compound include decyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl cinnamate (DOBAMBC), hexyloxybenzylidene-p'-amino-2-chloropropyl cinnamate (HOBACPC) and 4-O-(2-methyl)-butyl-resorcylicidene-4'-octylaniline (MBRA 8).

When using these materials to form the elements, the elements can be supported by a copper block having a built-in heater or the like when necessary in order to maintain a temperature state such that a liquid crystal compound becomes the SmC* phase or the SmH* phase.

Hereinafter, the present invention will be explained in accordance with

diagrams.

Fig. 2 is a diagram in which an example of a cell is drawn schematically in order to explain ferroelectric liquid crystal operation. Reference numerals 21 and 21' denote substrates (glass substrates) coated with transparent electrodes made of In_2O_3 , SnO_2 , ITO (Indium-Tin Oxide) or the like. SmC^* phase or SmH^* phase liquid crystals are filled between the substrates so that a layer 22 orients perpendicularly to the glass surfaces. A line 23 shown by a bold line expresses liquid crystal molecules, and the liquid crystal molecules 23 have dipole moments (P_\perp) 24 in a direction orthogonal to the molecules. If a voltage equal to or greater than a fixed threshold is applied between the electrodes on the substrates 21 and 21', then the helical structure of the liquid crystal molecules 23 unravels, and the liquid crystal molecules 23 can have their orientation direction changed so that all of the dipole moments (P_\perp) 24 are directed toward the electric field direction. The liquid crystal molecules 23 have a long, thin shape, and display anisotropy in index of refraction between their major axis and their minor axis. It can therefore easily be understood that a liquid crystal optical modulating element whose optical characteristics change due to the applied voltage polarity is achieved if cross nicol polarizers are mutually placed above and below the glass surface, for example.

The thickness of liquid crystal cells preferably used by the optical modulating element of the present invention can be made sufficiently thin (for example, 1 μm). That is, the helical structure of the liquid crystal molecules unravels even in a state where an electric field is not applied, and a dipole moment P or P' takes on either an upward (34) state or a downward (34') state, as shown in Fig. 5. If electric an electric field E or an electric field E' , which have different polarities and are equal to or greater

than a fixed threshold, are imparted to this type of cell by electric field application means 31 and 31' as shown in Fig. 3, then the dipole moments change direction to the upward direction 34 or the downward direction 34' corresponding to the electric field vector of the electric field E or the electric field E' . The liquid crystal molecules then orient corresponding to the direction change, toward one of a first stable state 33 and a second stable state 33'.

There are two advantages in using these types of ferroelectric liquid crystals as optical modulating elements. Firstly, the response speed is extremely fast, and secondly, the orientation of the liquid crystal molecules has bistability. If explaining the second point by using Fig. 3, for example, then the liquid crystal molecules will orient to the first stable state 33 if the electric field E is applied, and this state is stable even if the electric field application is turned off. Further, if the reverse electric field E' is applied, then the liquid crystal molecules will orient to the second stable state 33' and the molecules will change their direction, and this state is similarly maintained even if the electric field application is turned off. Further, they are maintained in each of the orientation states as long as the applied electric field E does not exceed a fixed threshold. It is preferable to use cells that are as thin as possible in order to effectively achieve the above-mentioned fast response speed and bistability. A problem in confronting the formation of elements by these types of liquid crystals having ferroelectric characteristics is that, firstly, it is difficult to form cells having high mono-domain characteristics. As discussed above, in order to allow them to effectively operate as optical elements, it is necessary to form the cells such that the layer having the SmC^* phase or SmH^* is perpendicular with respect to the substrate surface, namely such that the liquid crystal molecules are nearly parallel with the

substrate surface.

Up to now, for example, a method of rubbing (rubbing) the substrate surface by using something like a cloth, an oblique evaporation method of SiO, or the like is used with the elements that use TN liquid crystals, as discussed above, as a method of forming a mono-domain of the liquid crystal molecules in a state parallel to the substrate surface. Regarding the rubbing method, directionality is imparted to the liquid crystals contacting the substrate surface by a combined effect with some effects developing by grooves and friction formed in the substrate surface during rubbing, whose cause is not necessarily clear. The liquid crystal molecules are aligned preferentially in accordance with the rubbing direction and form the lowest energy (that is, stable) state. A "wall effect" in which the liquid crystal molecules on surfaces that have undergone this type of rubbing process are aligned preferentially in a single direction, is imparted. Structures that possess a flat surface to which this wall effect is imparted are disclosed by W. Helfrich, and M. Schandt, for example, in Canadian Patent No. 1010136, and the like. In addition to methods of achieving the wall effect by this type of rubbing method, a structure possessing a flat surface formed by oblique evaporation of SiO or SiO₂ on the substrate may be used. The flat surface having the uniaxial anisotropy of SiO or SiO₂ has the wall effect for making the liquid crystal molecules orient preferentially in a single direction.

For cases in which the aforementioned ferroelectric liquid crystals have been in contact with a structure that possesses a flat surface to which the wall effect has been imparted for making the liquid crystals orient preferentially in a single direction, the ferroelectric liquid crystals are disposed preferentially in only one direction by the wall effect imparted to the flat surface. The ferroelectric liquid crystals orient in a

third metastable state or in a state that is strongly stable in a single direction. As a result, the liquid crystals cannot freely change their direction due to an electric field which exceeds the threshold, even if the electric field E or the electric field E' as shown in Fig. 3 is imparted, and therefore there is a problem in that the liquid crystals cannot form the first stable state and the second stable state by applying an electric field. As a result, the bistability with respect to the electric field and the high speed response become hindered, and depending upon the situation, even the formation of a good mono-domain becomes impossible.

Incidentally, although an orientation control method by the rubbing method or the oblique evaporation method is one preferable method for forming the liquid crystal elements; in practice, if orientation control is implemented by this method, then the flat surface having the wall effect in which the liquid crystals are oriented preferentially in only one direction is formed as discussed above, which hinders the bistability that the liquid crystals have with respect to the electric field, their high speed responsibility, and their ability to form a mono-domain. There is absolutely no aim at present, therefore, to employ the rubbing method or the oblique evaporation method as the orientation control method for the liquid crystal in fields relating to ferroelectric liquid crystals.

In spite of the present state of affairs, the inventors of the present invention stuck to the orientation control method using the rubbing method or the oblique evaporation method and discovered, to their surprise, that the first stable state and the second stable state can be formed by electric fields like those shown in Fig. 3 by using a structure that possesses a flat surface in which the wall effect, which makes the liquid crystals orient preferentially in a single direction, is not formed, or is formed

weakly, even though the rubbing method or the oblique evaporation method is performed, when a structure possessing sidewalls that have the wall effect and are formed by an orientation control method, such as the rubbing method or the oblique evaporation method, is disposed between a pair of parallel substrates.

Figs. 1 show optical modulating elements of the present invention. Among the figures, Fig. 1(A) is a perspective diagram of the optical modulating elements of the present invention, Fig. 1(B) is a cross sectional diagram of a side face of the optical modulating elements, and Fig. 1(C) is a cross sectional diagram of a front side of the optical modulating elements of the present invention.

In Figs. 1, a (scanning) electrode group composed of a plurality of electrodes 102 is formed in a predetermined pattern on a substrate 101, such as a glass substrate or a plastic substrate, by etching. In addition, an insulating film 103 is formed on this electrode group, and additionally, a plurality of band-shaped spacer members 104 are formed and disposed on this insulating film 103. It is preferable to form the band-shaped spacer members 104 by selecting a material having a lower hardness than that of the insulating film 103. Specifically, resins such as a polyvinyl alcohol, a polyimide, a polyamide imide, a polyesterimide, a polyparaxylylene, a polyester, a polycarbonate, a polyvinyl acetal, a polyvinyl chloride, a polyvinyl acetate, a polyamide, a polystyrene, a cellulose resin, a melamine resin, an urea resin, and an acrylic resin, or a photosensitive polyimide, a photosensitive polyamide, a cyclized rubber-based photoresist, a phenolic novolac-based photoresist or an electron beam photoresist (a polymethyl methacrylate, an epoxidized-1,4-polybutadiene, etc.) can be used.

A liquid substance is injected from one injection port when injecting the liquid

substance to these band-shaped spacer members 104 as discussed below, and in addition, this injected liquid substance passes through conduction ports 115 formed in the band-shaped spacers 104, and can be injected uniformly between a pair of substrates 101 and 109. The conduction ports 115 are preferably formed in the vicinity of the substrate 101, and the two or more conduction ports 115 can also be formed in the band-shaped spacer members 104. Further, there is no limitation to one injection port as described above, and two or more ports may also be formed, but it is preferable to make the number of injection ports as small as possible.

On the other hand, the insulating film 103 prevents the generation of electric current flowing in a layer of a liquid crystal 105 having bistability, and also can be made by selecting a material having a higher hardness than the hardness of the aforementioned spacer members 104. Specifically, it can be obtained by forming a coating film using a compound of silicon nitride, silicon nitride which contains hydrogen, silicon carbide, silicon carbide which contains hydrogen, boron nitride, boron nitride that contains hydrogen, cerium oxide, silicon oxide, aluminum oxide, zirconia, magnesium fluoride, or the like. This insulating film 103 also has an advantage in that it can prevent the generation of electric current developing due to impurities and the like contained in minute amounts in the liquid crystal layer, and therefore the liquid crystal compound does not deteriorate even after repeated operation. The film thickness of this insulating film 103 depends on the electric charge injection stopping performance that the used material possesses, and also depends on the thickness of the liquid crystal layer, and is set normally to 50 Å to 5 μm, preferably in a range of 500 Å to 5000 Å. On the other hand, although the film thickness of the liquid crystal layer depends on the ease of making a peculiar

orientation in the liquid crystal material, and on the response speed demanded as an element, it is determined by the height of the spacer members 104 and is normally set to 0.2 μm to 200 μm , preferably in a range of 0.5 μm to 10 μm . Further, the width of the spacer members 104 is normally set to 0.5 μm to 50 μm , preferably in a range of 1 μm to 20 μm . Regarding the pitch (interval) of the spacer members 104, if it is too large, then the uniform orientation of the liquid crystal molecules is harmed, and on the other hand, if it is too small, then this invites a reduction in the effective area as a liquid crystal optical element. The pitch is therefore normally set to 10 μm to 2 mm, preferably in a range of 50 to 700 μm .

The substrate 101 that has the spacer members 104 and the insulating film 103 undergoes a rubbing process by using, for example, velvet, cloth, paper, or the like along the stripe line of the spacer members 104. The wall effect in which the liquid crystals preferentially orient in a single direction in sidewalls 106 and 107 of the spacer members 104 can be imparted by this rubbing process. Therefore, the sidewalls 106 and 107, which have undergone the rubbing process, can be made to have the wall effect with respect to liquid crystal orientation, and the liquid crystals 105 that have bistability and contact the sidewalls 106 and 107 take on a horizontal orientation (homogeneous orientation) in a direction parallel to, or nearly parallel to, the substrate 101, namely along the rubbing direction, because the insulating film 103 does not have the wall effect, or only has a weak wall effect, for preferential liquid crystal orientation, as discussed below.

The insulating film 103 is formed of the selected substance having a high hardness compared to the spacer members 104 as stated above, and therefore there is no dominant direction in a flat surface 108 for making the liquid crystals that contact

the flat surface 108 orient in the third metastable state in a single direction or a strong stability state, even if the rubbing process is performed. A wall effect in which the liquid crystals take on horizontal orientation in random directions can therefore be obtained when the sidewalls 106 and 107, to which the wall effect is imparted by the aforementioned rubbing process, are not present (that is, when there is no influence by the wall effect in the periphery). It is preferable that no wall effect which causes the liquid crystals to orient vertically (homeotropic orientation) be imparted to the flat surface 108 at this point. Further, surface treatment of the sidewalls 106 and 107 that have undergone this rubbing process, and the flat surface 108 can be performed when necessary by using a horizontal orientation agent such as a silane coupling agent or a horizontal orientation surfactant, preferably after washing with acetone or the like.

The optical modulating element of the present invention is provided with the other substrate that is the substrate 109, overlapping in parallel with the aforementioned substrate 101. An electrode group composed of a plurality of (signal) electrodes 110 is formed on this substrate 109, and an insulating film 111 is formed on the electrode group. The plurality of signal electrodes 110 and the other plurality of scanning electrodes 102 as the other electrodes can be wired in a matrix structure, and these electrodes can also be formed in other shapes, for example, formed through an electrode wiring in a 7-segment structure. Further, the insulating film 111 formed on the substrate 109 is not always necessary, but is effective in preventing the generation of electric current flowing in the liquid crystal layer. The insulating film 111 is also formed by forming a coating film made of substances similar to those of the aforementioned insulating film 103. A flat surface 112 of the insulating film 111 also does not have a dominant direction which makes the liquid crystals that contact the flat

surface 112 orient in the third metastable state in a single direction or a strong stability state, and the flat surface 112 is given a wall effect for making the liquid crystals orient horizontally in random directions when the sidewalls 106 and 107, to which the wall effect is imparted by the aforementioned rubbing process, are not present (that is, when there is no wall effect influence in the periphery). Therefore, although the aforementioned rubbing process can be implemented on the flat surface 112 when necessary for cases in which the insulating film 111 is formed by a substance similar to that used by the aforementioned insulating film 103, the rubbing process need not be implemented.

Moreover, the insulating film 111 can be obtained by forming a coating film using a material other than those used in the insulating film 103 described above, for example, resins such as a polyvinyl alcohol, a polyimide, a polyamideimide, a polyesterimide, a polyparaxylylene, a polyester, a polycarbonate, a polyvinyl acetal, a polyvinyl chloride, a polyvinyl acetate, a polyamide, a polystyrene, a cellulose resin, a melamine resin, an urea resin, and an acrylic resin, or inorganic compounds such as BiO , SiO_2 , and TiO_2 , or the like. Further, the substrate 109 disposed opposite thereto can be also overlapped with the insulating film 111 after washed with acetone or the like, making a pair of parallel substrates.

A seal member 116 is formed in a peripheral portion of the space between the pair of parallel substrates (101 and 109) by an epoxy-based adhesive or low melting point glass in order to seal the liquid crystals 105 that have been injected into this space therebetween. An injection port (not shown in the figures) is formed at some location in the seal member 116.

Further, the optical modulating element of the present invention can use a pair

of polarizing means (polarizers 113 and analyzers 114) on both sides of the pair of parallel substrates 101 and 109, that is, sandwiching the substrates 101 and 109. Normal polarizing plates, polarizing films, and polarizing beam splitters can be used as the polarizers 113 and the analyzers 114, and it is possible to dispose this polarizing means in a cross nicol state or a parallel nicol state at this point.

The optical modulating element of the present invention can be obtained by injecting a ferroelectric liquid crystal between the pair of parallel substrates, whose periphery has been sealed by an epoxy-based adhesive or low melting point glass, heating to an isotropic phase, and then slowly cooling while precisely controlling the temperature. As a typical example, for a case of a compound which undergoes phase transition from an isotropic phase to an SmA phase to an SmC* phase (for example, decyloxy-benzylidene-P'-amino-2-methyl butyl cinnamate, denoted by DOBAMBC here) in a slowly cooling process, a mono-domain develops so that the liquid crystal molecules are aligned along the rubbing direction from the vicinity of the surface of the sidewalls, due to the influence of the spacer members that possess the sidewalls to which the wall effect has been imparted in advance by the rubbing process upon the transition from the isotropic phase to SmA phase. If the temperature is additionally reduced after the entirety becomes the mono-domain, then a phase transition from SmA to SmC* occurs, and orientation control can be completed. In this state the liquid crystal molecules are all aligned along the rubbing direction in parallel to the sidewall surface of the spacer members, and this is an in-plane orientation state with respect to the flat surface 108 of the insulating film 103. The SmC* phase liquid crystal layer is perpendicular with respect to the flat surface 108 of the insulating film 103 and the stripes. As stated above, grooves are not formed in the flat surface 108

of the insulating film 103 by rubbing, and a specific direction predominance is not imparted to the liquid crystal molecules within the plane. The bistability and high speed responsibility are therefore not lost when operating them as an element.

Fig. 4 is a cross-sectional diagram of a vacuum injection apparatus suitable for use in a method of the present invention.

In Fig. 4, Reference numeral 401 denotes an empty cell in which a liquid crystal substance capable of optical modulation is injected, such as a liquid crystal, and reference numeral 402 denotes an injection port of the empty cell. The empty cell 401 has an empty cell structure before injecting the liquid crystal 105 shown in Fig. 1. The injection port 402 generally has a width on the order of 2 millimeters, and the width may also be greater than it or less than it. The injection port 402 can be formed by opening a portion of a seal member 400, and further, in addition, the injection port can also be formed in a location outside of an effective display surface of the substrate.

First, a cover (not shown in the figures) of a vacuum apparatus 409 is opened, and then the empty cell 401 is placed therefrom within the vacuum apparatus 409. At this time, a boat 404 filled with a liquid substance 405 capable of optical modulation (for example, a liquid crystal, an electrochromic material, or the like), and a capillary 403 are each disposed inside the vacuum apparatus 409. One opening of the capillary 403 is disposed while being immersed in the liquid substance 405, and the liquid substance 405 is sucked up by capillary action at this point to the other opening of the capillary 403.

Next, after sealing the vacuum apparatus 409, a leak valve 406 is closed, and the inside of the vacuum apparatus 409 is put in a vacuum condition by opening an exhaust valve 407. The vacuum condition differs in accordance with the capacity of

the empty cell, but generally, is appropriate with a value equal to or less than 10 Torr, preferably equal to or less than 0.5 Torr.

Moisture in the air becomes contained within the liquid crystal if the liquid crystal is exposed to the air, particularly during the summer, when the humidity is high, and therefore moisture will bump off if the liquid crystal is placed within a vacuum condition. Further, the service life of liquid crystal optical elements manufactured by injecting the liquid crystal containing moisture into the empty cell 401 is reduced by an extreme amount compared to those that do not contain moisture, and therefore it is necessary to completely prevent moisture from mixing into the liquid crystal optical element.

Next, the capillary 403 is made to contact each of the injection ports 402 of the empty cell 401, the injection port 402 is covered by the liquid substance 411, and then the capillary 403 is then taken away from the injection port 402. If the exhaust valve 407 is closed next, and the inside of the vacuum apparatus 409 is returned to atmospheric pressure by opening the leak valve 406, then the liquid substance 411 that has covered the injection port 402 is injected uniformly between the band-shaped spacers 412, through conduction ports 413 formed between the band-shaped spacers 412 of the empty cell 401, by the pressure difference between the pressure of the empty cell 401 and atmospheric pressure. Further, the inside of the vacuum apparatus 409 can also be set to a pressure equal to or greater than atmospheric pressure when necessary. At this time, it is preferable that the location of the conduction ports 413 formed in the band-shaped spacers 412 be as close as possible to the seal member 400 side, as shown in Fig. 4, though there are no particular limitations placed on the location. Further, the opening width of the conduction ports is suitable

when it is 0.1 mm to 5 mm, preferably on the order of 0.5 mm to 3 mm.

Further, the boat 404 used by the method of the present invention can be manufactured by glass, plastic (polyethylene fluoride, polyvinyl chloride, polymethacrylate, or the like), stainless steel, aluminum, or the like. The value of the inner diameter may be set to be a little larger than the outer diameter of the capillary 403, and the thickness of the liquid substance 405 may be on the order of 1 to 2 millimeters. Wastes can therefore be reduced, even for cases in which the liquid substance 405 is exchanged.

Further, for cases in which Sm*C or Sm*H liquid crystals are filled into the empty cell in accordance with the aforementioned method, it is preferable to form a heating means (not shown in the figures) in the boat 404, and to change the liquid substance 411 within the boat into an isotropic phase in advance. The injection port 402 is sealed by using a suitable sealing material (for example, an epoxy adhesive, solder, or the like) after injection is complete, and then cooling is performed and phase transition is made to the Sm*C or Sm*H liquid crystals within the cell, and an optical modulating element can thus be made.

Further, it is preferable in the method of the present invention that the inside of the vacuum apparatus already be put in a vacuum condition at the state where the liquid crystal can be made to fill the aforementioned capillary. In this way, liquid crystals that do not contain moisture can always be made to fill the capillary and thus, outflow of the liquid crystal from the capillary, which occurs along with the bumping phenomenon, can be effectively prevented. Further, if the other end of the capillary is immersed in the boat that is filled with the liquid substance, then the liquid substance can be sent to the other opening of the capillary by capillary action.

It is preferable that an inner diameter represented by d of the capillary used by the present invention meet $0.25t \leq d \leq 2.5t$ (where t in the equation denotes a thickness of the cell), but d may also exceed $2.5t$. Further, d may also be less than $0.25t$, and there are no particular limitations placed on d . The general inner diameter d of the capillary is suitable when it is on the order of 0.1 mm to 7 mm. Further, capillaries are made from a wide variety of materials, but preferably glass, stainless steel, aluminum, or an alloy thereof is suitably used.

Fig. 5 shows another preferable specific example of the present invention. A liquid crystal cell 51 shown in Fig. 1 is disposed in a dynamic display liquid crystal display element shown in Fig. 5. Linear polarizers 53 and 54 are disposed on both sides of this liquid crystal cell in a cross nicol state, and further, a (not shown in the figures) reflector (an aluminum evaporation film, or an aluminum evaporation film that possesses a diffuse reflector - satin finish surface) can be disposed on the back of the linear polarizer 54.

The liquid crystal cell that has these structures is sandwiched between one pair of glass 55 on which a nesa coating 56 is formed, and temperature control of the liquid crystal cell 51 can be made possible by making an electric current flow in the nesa coating 56 by using a heating power source 57. At this time, the liquid crystal cell 51 can be satisfactorily operated to signals applied by a scanning signal source 58 and an information signal source 59. Note that reference numeral 52 in the figures denotes spacer members.

Hereinafter, the present invention will be explained in accordance with an embodiment.

Embodiment 1

A silicon carbide film that contains hydrogen (SiC:H) is formed by a plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) method on a glass substrate, as shown below, on which pattern electrodes are formed of ITO (Indium-tin-oxide) in a stripe shape. The glass substrate, on which a pattern electrode is formed to conform with an anode type of a parallel plate electrode type plasma CVD apparatus is placed, and after achieving a vacuum, heating is performed so that the substrate temperature becomes 200°C. SiH₄ gas and CH₄ gas are introduced into a reaction chamber and their flow rates are controlled so as to become 10 sccm and 300 sccm, respectively. The gas pressure within the reaction chamber at this point is about 0.2 Torr. Next, a high frequency power source of 13.56 MHz is turned ON, a voltage is applied to the cathode side of the parallel plate electrodes, a glow discharge is generated, and a reaction begins. An SiC:H film of approximately 2000 Å is formed on the substrate by the reaction after approximately 10 minutes.

Next, a polyimide formation solution ("PIQ" made by Hitachi Chemical Co., Ltd.; non-volatile component concentration of 14.5 wt%) is applied on this SiC:H film by using a spinner application machine rotating at 3,000 rpm for 10 seconds, and heating is performed at 120°C for 30 minutes, forming a coating film with a thickness of 2 µm.

A positive type resist solution ("AZ1350" made by Shipley Co.) is applied next by a spinner, and pre-baked. A stripe-shaped mask is formed on the resist layer in a stripe shape with a pitch of 100 µm in mask portions with a mask width of 8 µm, and non-mask portions having a length of 2 mm are formed in locations on the inside by 2 mm from edge portions of these mask portions. Light exposure is then performed. Etching of the resist film in portions exposed to light, and etching of the

polyimide film in the layer below, are performed by development using "MF 312" developer containing tetra methyl ammonium hydroxide. A through hole is thus formed, and after performing washing with water and drying, the resist film in non-exposed portions is removed by using methyl ethyl ketone. Hardening is then performed by heating at 200°C for 60 minutes, and at 350°C for 30 minutes, and a PIQ (polyimide) band-shaped spacer layer that possesses a conduction port is thus formed.

Next, a rubbing process is performed along the stripe direction of the stripe shape spacer by using a cloth, after which washing is performed with water and acetone one after another, and drying is performed. The substrate is then immersed in a 1% aqueous solution of a silane coupling agent ("KBM 403" made by Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), and then heated and dried after being pulled out of the solution, thus manufacturing an (A) electrode substrate.

Next, a silicon carbide film is formed on a glass substrate on which pattern electrodes are formed of ITO in a stripe shape, and in addition, processing is performed by a silane coupling agent, thus forming a (B) electrode substrate, similar to the aforementioned manufacturing method.

The stripe-shaped pattern electrodes of the (A) electrode substrate and the (B) electrode substrate are made to intersect, and peripheral portions between the (A) electrode substrate and the (B) electrode substrate, excluding a location that becomes an injection port with a width of 2 mm, are sealed by using an epoxy adhesive, thus making a cell and manufacturing an empty cell.

Next, the glass-made capillary having an inner diameter of 2 mm and a length of 5 mm with one opening thereof immersed in the isotropic phase DOBAMBC within the boat made from stainless steel, and the above-mentioned empty cell are each

disposed within the vacuum apparatus shown in Fig. 4 from insertion ports. A vacuum condition of 0.1 Torr is achieved within the vacuum apparatus after these members are disposed within the vacuum apparatus and the vacuum apparatus is sealed by closing the leak valve and opening the exhaust valve.

The empty cell is next brought down until the injection port formed in the bottom side of the empty cell is covered by the liquid crystal supplied by capillary action to one opening of the capillary. The leak valve is then opened after closing the exhaust valve, and the air is introduced within the vacuum apparatus. The isotropic phase DOBAMBC covering the injection port enters the inside of the empty cell at this point, and the empty cell is completely filled by the liquid crystals after 5 minutes.

The injection port is then sealed by an epoxy adhesive, after which the temperature of the cell is slowly cooled, thus completing manufacturing of the optical modulating element in which a mono-domain is formed.

Note that the aforementioned "PIQ" expresses polyimide-iso-quinazolindione.

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1(A) is a perspective diagram of an optical modulating element of the present invention, Fig. 1(B) is a cross sectional diagram showing a side face of the optical modulating element, and Fig. 1(C) is a cross sectional diagram showing a front side of the modulation element. Fig. 2 is a perspective diagram schematically showing an optical modulating element that uses a chiral smectic liquid crystal. Fig. 3 is a perspective diagram schematically showing an optical modulating element of the present invention. Fig. 4 is a schematic explanatory diagram showing an embodiment in which a method of the present invention is implemented. Fig. 5 is a cross sectional diagram showing another specific example of the present invention.

101, 109 ... substrate

102, 110 ... electrode

103, 111 ... insulating film

104 ... spacer member

105 ... liquid crystal having bistability

106, 107 ... sidewall of spacer member

108, 112 ... flat surface of insulating film

113, 114 ... polarizing means

115 ... conduction port

116 ... seal member

401 ... empty cell

402 ... injection port

403 ... capillary

404 ... boat

405 ... liquid substance

406 ... leak valve

407 ... exhaust valve

408 ... seal member

409 ... vacuum apparatus

411 ... liquid substance covering injection port

412 ... band-shaped spacer

413 ... conduction port

⑬ 日本国特許庁 (JP)
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭60—21028

⑤ Int. Cl.⁴ 識別記号 庁内整理番号
G 02 F 1/133 1 2 4 7348—2H
1/13 1 0 1 7448—2H
1/133 1 2 3 7348—2H

④ 公開 昭和60年(1985)2月2日
発明の数 2
審査請求 未請求

(全 10 頁)

④ 光学変調素子およびその製法

① 特 願 昭58—129249
② 出 願 昭58(1983)7月15日
③ 発 明 者 正木裕一
東京都大田区下丸子3丁目30番
2号キャノン株式会社内
④ 発 明 者 神辺純一郎
東京都大田区下丸子3丁目30番
2号キャノン株式会社内

⑤ 発 明 者 片桐一春
東京都大田区下丸子3丁目30番
2号キャノン株式会社内
⑥ 発 明 者 金子修三
東京都大田区下丸子3丁目30番
2号キャノン株式会社内
⑦ 出 願 人 キャノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番
2号
⑧ 代 理 人 弁理士 丸島儀一

明 細 書

1. 発明の名称 光学変調素子およびその製法

2. 特許請求の範囲

- (1) 一对の平行基板間に光学変調可能な液状物質を有する光学変調素子において、前記一对の平行基板間に導通口を有する複数の帯状スペーサを有することを特徴とする光学変調素子。
- (2) 一对の平行基板間に導通口を有する複数の帯状スペーサが配置され、且つ該一对の平行基板間の周辺を注入口となる個所を除いてシールした空セルを作成する工程；
前記空セルを減圧下に配置した後、該空セルに設けた注入口に光学変調可能な液状物質を配置する工程；
前記空セル内の気圧より該空セル外の気圧を大きくし、かかる気圧差によつて該空セルの注入口を横つて配置した光学変調可能な液状物質を該空セルに設けた導通口を通して該空セル内に注入する工程；

を有することを特徴とする光学変調素子の製法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、液晶などの光学変調可能な液状物質を用いた光学変調素子に係り、詳しくは液晶表示素子や液晶—光シフター—アレイ等の液晶素子を用いた光学変調素子に関する。

従来より、走査電極群と信号電極群をマトリクス状に構成し、その電極間に液晶化合物を充填し、多数の画素を形成して画像或いは情報の表示を行う液晶表示素子は、よく知られている。

例えば M. Schadt と W. Helfrich 著 "Applied Physics Letters" Vol. 18, No. 4 (1971. 2. 15), P. 127~128 の "Voltage-Dependent Optical Activity of a Twisted Nematic Liquid Crystal" に示された TN (twisted nematic) 型の液晶を用いたものであり、この型の液晶は無電界状態で正の誘電異方性をもつネマチック液晶の分子が液晶層厚方向で振れた構造(ヘリカル構造)を形成し、両電

極面でこの液晶の分子が並行に配列した構造を形成している。一方、電界印加状態では、正の誘電異方性をもつネマチック液晶が電界方向に配列し、この結果光学変調を起すことができる。

これに対し、近年 "LE JOURNAL DE PHYSIQUE LETTERS" 36 (L-69) 1975,

"[Ferroelectric Liquid Crystals]; "Applied Physics Letters" 36 (11) 1980 "[Submicro Second Bistable Electrooptic Switching in Liquid Crystals]; "固体物理" 16 (141), 1981 「液晶」等に記載されている様に強誘電性液晶、特にカイラルスメクティックO相 (S_m^*O) 又はH相 (S_m^*H) を有する液晶を用いた表示素子が提案されている。

この強誘電性液晶を用いた光学変調素子では、その液晶の配向制御法として例えば一對の平行基板間に配向制御可能な幅1μ程度の帯状スペースを10本/mm程度の割合で配置することが考えられている。

この様な帯状スペースが一對の平行基板間に

において、前記一對の平行基板間に導通口を有する複数の帯状スペースを有する光学変調素子によつて達成される。

本発明で用いる光学変調可能な液状物質としては、強誘電性を有するものであつて、具体的にはカイラルスメクティックO相 (S_m^*O) 又はH相 (S_m^*H) を有する液晶を用いることができる。この液晶は電界に対して第1の光学的安定状態と第2の光学安定状態からなる双安定状態を有し、従つて前述のTN型の液晶で用いられた光学変調素子とは異なり、例えば一方の電界ベクトルに対し第1の光学的安定状態に液晶が配向し、他方の電界ベクトルに対しては第2の光学的安定状態に液晶が配向される。

強誘電性液晶化合物の具体例としては、
デシロキシベンゾリデン-*p*-アミノ-2-メチル
デシロキシベンゾリデン-*p*-amino-2-methyl
ブチルシナメート (DOBAMBO), hexyloxybenzyl
ブチルシナメート (DOBAMBO), hexyloxybenzyl
リデン-*p*-アミノ-2-クロロプロピルシナメート
lidene-*p*-amino-2-chloropropyl cinnamate
(HOBACPG) および 4'-O-(2-methyl)-
ブチル-レスอร์シリデン-4'-Octylaniline
butyl-resorcyllidene-4'-Octylaniline

特開昭60-21028(2)

配置されたセル中に液晶などの光学変調可能な液状物質を注入するには各帯状スペース間で形成された間隙毎に液状物質を注入することが必要で、かかる変調素子の製造工程を煩雑にすることになり、しかも各帯状スペース間に液状物質を注入するための注入口が各帯状スペース間毎に形成されているので、これら複数の注入口を液状物質の注入後にそれぞれ封口することが必要で、製造工程が煩雑となるばかりではなく、注入口の数が増大するに従つて光学変調素子としての信頼性さらには耐久安定性に悪影響を与えている。

本発明の目的は、前述の欠点ないしは問題点を解消した光学変調素子およびその製法を提供することにある。

本発明の別の目的は、 S_m^*O 又は S_m^*H 液晶に適した光学変調素子およびその製法を提供することにある。

本発明のかかる目的は、一對の平行基板間に光学変調可能な液状物質を有する光学変調素子

(MBRA 8) 等が挙げられる。

これらの材料を用いて、素子を構成する場合、液晶化合物が S_m^*O 相又は S_m^*H 相となるような温度状態に保持する為、必要に応じて素子をヒーターが組み込まれた銅ブロック等により支持することができる。

以下、本発明を図面に従つて説明する。

第2図は、強誘電性液晶の動作説明のために、セルの例を模式的に描いたものである。21と21'は、 In_2O_3 , SnO_2 やITO (Indium-Tin Oxide) 等の透明電極がコートされた基板(ガラス板)であり、その間に層22がガラス面に垂直になるよう配向した S_m^*O 相又は S_m^*H 相の液晶が封入されている。太線で示した線23が液晶分子を誘導しており、この液晶分子23は、その分子に直交した方向に双極子モーメント(P_1)24を有している。基板21と21'上の電極間に一定の閾値以上の電圧を印加すると、液晶分子23のらせん構造がほどけ、双極子モーメント(P_1)24はすべて電界方向に向くよう、液晶

分子23は配向方向を変えることができる。液晶分子23は細長い形状を有しており、その長軸方向と短軸方向で屈折率異方性を示し、従つて例えばガラス面の上下に互いにクロスニコルの偏光子を置けば、電圧印加後性によつて光学特性が変わる液晶光学変調素子となることは、容易に理解される。

本発明の光学変調素子で好ましく用いられる液晶セルは、その厚さを充分に薄く(例えば1 μ)することができる。すなわち、第3図に示すように電界を印加していない状態でも液晶分子のらせん構造はほどけ、その双極子モーメントP又はDは上向き(34)又は下向き(34')のどちらかの状態をとる。このようなセルに第3図に示す如く一定の閾値以上の電性の異なる電界E又はDを電圧印加手段31と31'により付与すると、双極子モーメントは電界E又はDの電界ベクトルに対応して上向き34又は下向き34'と向きを変え、それに応じて液晶分子は第1の安定状態33かあるいは第2の安定状態33'の何

れか1方に配向する。

このような強誘電性液晶を光学変調素子として用いることの利点は2つある。第1に、応答速度が極めて速いこと、第2に液晶分子の配向が双安定性を有することである。第2の点を例えば第3図によつて説明すると、電界Eを印加すると液晶分子は第1の安定状態33に配向するが、この状態は電界を切つても安定である。又、逆向きの電界Dを印加すると、液晶分子は第2の安定状態33'に配向してその分子の向きを変えるが、やはり電界を切つてもこの状態に留つている。又、与える電界Eが一定の閾値を超えない限り、それぞれの配向状態にやはり維持されている。このような応答速度の速さと、双安定性が有効に実現されるにはセルとして仕出されるだけ薄い方が好ましい。この様な強誘電性を有する液晶で素子を形成するに当つて直面する問題点として、第1にモノドメイン性の高いセルを形成することが難しい点にある。既に述べたように、光学素子として有効に作動させ

るためには、 $8m0^*$ 相又は $8mB^*$ を有する層が基板面に対して垂直に、すなわち液晶分子は基板面に略平行になるように、セルが形成されていることが必要である。

これまで、前述の如きTN型の液晶を用いた素子では、液晶分子のモノドメインを基板面に平行な状態で形成する方法として例えば基板面を布の如きもので擦擦する(ラビング)方法や SiO_2 を斜め蒸着する方法等が用いられている。ラビング法に関しては、擦擦の際に基板面に形成される溝や摩擦によつて生ずる必ずしも原因が明らかにされていないある種の効果との複合効果によつて、この基板面に接する液晶に対して方向性が付与され、液晶分子はその方向に従つて優先して配列するのが最もエネルギーの低い(即ち安定な)状態となる。この様なラビング処理面は、液晶分子を一方向に優先して配列させる“壁効果”が付与されている。この壁効果が付与された平面をもつ構造体は、例えば、W. HelfrichとM. Schadtのカナダ特許1010136

号公報等に表示されている。このラビング法により壁効果を形成する方法のほかに、基板の上に SiO_2 や SiO_x を斜め蒸着して形成した平面をもつ構造体を用い、この SiO_2 又は SiO_x の一軸的異方性を有する平面が液晶分子を一方向に優先して配向させる壁効果を有している。

この液晶を一方向に優先して配向させる壁効果が付与された平面をもつ構造体に前述の強誘電性液晶を接触させた場合には、強誘電性液晶が平面に付与された壁効果により優先的に一方向のみに配列されて、第3の準安定状態又は一方向のみに強い安定状態に配向し、この結果第3図に示す如き電界E又はDを液晶に付与しても、閾値を超える電界によつて自由にそれぞれの方向に向きを変えることができなくなるためこの液晶が電界による第1の安定状態と第2の安定状態を形成することができなくなる問題がある。この結果、電界に対する双安定性や高速応答性を阻害することになり、場合によつては良好なモノドメインの形成すらできなくなるこ

とがある。

ところで、液晶素子を作成する上で、ラビング法や斜め蒸着法による配向制御法は、好ましい方法の一つであるが、実験問題としてこの方法により配向制御を施すと、前述した様に液晶を一方向のみに優先して配向させる壁効果を有する平面が形成され、それが電界に対する不安定性、高速応答性やモノドメイン形成性を阻害するため、強誘電性液晶に係る分野では液晶の配向制御法としてラビング法や斜め蒸着法を採用するという着目は、一切なされていないのが現状であつた。

この様な現状にもかかわらず、本発明者らはラビング法や斜め蒸着法による配向制御法に固執していたところ、驚くべきことにラビング法や斜め蒸着法などの配向制御法により形成した壁効果を有する側壁をもつ構造体を一對の平行基板間に配設し、且つラビング法や斜め蒸着法によつても液晶を一方向に優先して配向させる壁効果を形成しないか又はその壁効果が弱く

形成された平面をもつ構造体を用いることによつて、第3図に示す様な電界による第1の安定状態と第2の安定状態を形成することができることを見い出した。

第1図は、本発明の光学変調素子を示している。そのうち、第1図(A)は本発明の光学変調素子の斜視図で、第1図(B)はその側面の断面図で、第1図(C)はその正面の断面図である。

第1図において、ガラス板又はプラスチック板などの基板101の上に複数の電極102からなる(走査)電極群が所定のパターンにエッチング形成されている。さらに、この電極群の上には絶縁膜103が形成され、さらにこの絶縁膜103の上に複数配置された帯状スペーサ部材104が形成されている。帯状スペーサ部材104は、絶縁膜103の硬度より低い硬度のものから選択して形成することが好ましい。具体的には、ポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリバラキシレリン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビ

ニルアセタール、ポリ塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、ポリアミド、ポリスチレン、セルロース樹脂、メラミン樹脂、ユリヤ樹脂、アクリル樹脂などの樹脂類、あるいは感光性ポリイミド、感光性ポリアミド、環化ゴム系フォトレジスト、フェノールボラック系フォトレジストあるいは電子線フォトレジスト(ポリメチルメタクリレート、エポキシ化-1,4-ポリブタジエンなど)を用いることができる。

この帯状スペーサ部材104には、下述の液状物質注入時に、この液状物質が1つの注入口から注入され、さらにこの注入された液状物質が帯状スペーサ104に設けた導通口115を通して一對の基板101と102の間に亘つて一様に注入されることができる。この導通口115は、好ましくは基板101の周辺付近に設けられ、又これを帯状スペーサ部材104に2個以上設けることもできる。又、前述の注入口は1つに限らず、2つ以上であつてもよいが、その数はできる限り少ない方が好ましい。

一方、絶縁膜103は、不安定性を有する液晶105の層に流れる電流の発生を防止するとともに、前述のスペーサ部材104の硬度より高い硬度のものから選択されることができる。具体的には、シリコン塩化物、水素を含有するシリコン塩化物、シリコン炭化物、水素を含有するシリコン炭化物、硼素塩化物、水素を含有する硼素塩化物、酸化セリウム、酸化硅素、酸化アルミニウム、ジルコニア又はフッ化マグネシウムなどの化合物を用いて被膜形成することによつて得ることができる。この絶縁膜103は、液晶層に微量に含有される不純物等のために生ずる電流の発生を防止できる利点をも有しており、従つて動作を繰り返して行なつても液晶化合物を劣化させることがない。絶縁膜103の膜厚は、その材料のもつ電荷注入防止能力と、液晶層の厚さにも依存するが、通常50Å~5μ、好適には、500Å~5000Åの範囲で設定される。一方、液晶層の厚さは、液晶材料に特有な配向のし易さと素子として要求される応答速度

に依存するが、スペーサ部材 104 の高さによつて決定され、通常 $0.2 \mu \sim 200 \mu$ 、好適には、 $0.5 \mu \sim 10 \mu$ の範囲で設定される。又、スペーサ部材 104 の幅は、通常 $0.5 \mu \sim 50 \mu$ 好適には、 $1 \mu \sim 20 \mu$ の範囲で設定される。スペーサ部材 104 のピッチ（間隔）は、あまり大きすぎると液晶分子の均一な配向性を阻害し、一方あまり小さ過ぎると液晶光学素子としての有効面積の減少を招く。このため、通常 $10 \mu \sim 2 \text{mm}$ 、好適には、 $50 \sim 700 \mu$ の範囲でピッチが設定される。

このスペーサ部材 104 と絶縁膜 103 を有する基板 101 は、例えばスペーサ部材 104 のストライプ・ラインに沿つてビロード、布又は紙などによりラビング処理される。このラビング処理によつてスペーサ部材 104 の側壁 106 と 107 に液晶を一方向に優先して配向させる壁効果を付与することができる。従つて、ラビング処理された側壁 106 と 107 は、液晶の配向に対する壁効果を有することができ、この側壁 106 と 107

に接触する双安定性を有する液晶 105 は、下述する様に絶縁膜 103 が液晶を優先して配向させる壁効果を有していないか、あるいは弱い壁効果のみを有しているため、基板 101 に対し平行又は略平行方向、すなわちラビング方向に沿つて水平配向（ホモジニアス配向）されることになる。

絶縁膜 103 は、前述したとおりスペーサ部材 104 に比べ硬度の高い物質から選択されているため、ラビング処理しても、この平面 108 にはこれと接する液晶を一方向をとる第 3 の単安定状態あるいは強い安定状態に配向させる優先方向を有しておらず、従つて前述のラビング処理により壁効果を付与した側壁 106 と 107 がない時（すなわち、周囲に壁効果の影響がない時）には、液晶をランダム方向に水平配向させる壁効果を有することができる。この際、平面 108 には液晶を垂直に配向（ホメオトロピック配向）させる壁効果が付与されていないことが望ましい。又、このラビング処理された側壁 106 と 107

および平面 108 は、好ましくはアセトンなどにより洗浄した後、必要に応じてシランカップリング剤や水平配向用界面活性剤などの水平配向剤で表面処理されることができる。

本発明の光学素子は、前述の基板 101 と平行に重ね合わせたもう一方の基板 109 を備えており、この基板 109 の上には傾斜の（信号）電極 110 からなる電極群とその上に設けた絶縁膜 111 が形成されている。傾斜の信号電極 110 ともう一方の傾斜の走査電極 102 は、マトリクス構造で配線されることができ、又、これらの電極は他の形状、例えば 7 セグメント構造の電極配線で形成されていてもよい。又、基板 109 の上に設けた絶縁膜 111 は、必ずしも必要となるものではないが、液晶層に流れる電流の発生を防止する上で有効なものである。この絶縁膜 111 も、やはり前述の絶縁膜 103 と同様の物質によつて被膜形成され、且つ絶縁膜 111 の平面 112 も、やはりこの平面 112 に接する液晶を一方向をとる第 3 の単安定状態あるいは強い安定状態

に配向させる優先方向を有しておらず、前述のラビング処理により壁効果を付与した側壁 106 と 107 がない時（すなわち、周囲に壁効果の影響がない時）には、液晶をランダム方向に水平配向させる壁効果を有する様にする。従つて、絶縁膜 111 を前述の絶縁膜 103 で用いた物質と同様の物質で形成した場合では平面 112 には前述のラビング処理を必要に応じて施すことができるが、又ラビング処理を施さなくてもよい。

又、絶縁膜 111 は、前述の絶縁膜 103 で用いた物質以外のもの、例えばポリビニルアルコール、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリパラキシレリン、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルアセタール、ポリ塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、ポリアミド、ポリステレン、セルロース樹脂、メラミン樹脂、ユリヤ樹脂やアクリル樹脂などの樹脂類又は SiO_2 、 SiO_2 又は TiO_2 などの無機化合物などによつて被膜形成させて得ることも可能である。又、絶

絶縁膜111も、やはりアセトンなどで洗浄してから、対向配置する基板101と重ね合わせて一对の平行基板とすることができる。

この一对の平行基板(101と109)間の周辺部には、この間に注入された液晶105をシールするためにエポキシ系接着剤や低融点ガラスでシール部材116が形成されており、このシール部材116の何れかの位置に注入口(図示せず)が形成されている。

又、本発明の光学変調素子は、一对の平行基板101と109の両側、すなわち基板101と109を挟む一对の偏光手段(偏光子113と検光子114)を用いることができる。偏光子113と検光子114としては、通常の偏光板、偏光膜や偏光ビームスプリッターを用いることができ、この間この偏光手段をクロスニコル状態又はパラレルニコル状態で配置することが可能である。

本発明の光学変調素子は、周辺がエポキシ系接着剤や低融点ガラスで封止された一对の平行基板間に強誘電性液晶を注入した後、isotropic

相にまで加熱された状態より、精密に温度コントロールしながら除冷することによつて得ることができる。代表的な例として、除冷過程においてisotropic相→SmA相→SmC*相という段階を経て相転移する化合物(例えばdecyloxy-benzylidene-*p*-amino-2-methyl butyl cinnamate : DOBAMBCはこれに相当する)の場合isotropic相よりSmA相に転移するとき、予めラビング処理により壁効果が付与された側壁をもつスペーサ部材の影響により、該側壁の面近傍より、液晶分子がラビング方向に沿つて配列するようにモノドメインが生長していく。全体が、モノドメインとなつた後、さらに温度を下げて行くと、SmAよりSmC*への相転移がおこり、配向制御は終了することができる。この状態で、液晶分子は、すべてスペーサ部材の側壁面に平行にラビング方向に沿つて配向しているから、絶縁膜103の平面108に対しては、面内配向状態であり、SmC*相液晶の層は、絶縁膜103の平面108およびストライプに対して垂直である。先に述べた

ように、絶縁膜103の平面108はラビングにより溝が形成されていない為、面内に於て液晶分子に特定の方向優位性を与えることなく、従つて素子として作動させた場合、高安定性と高速応答性は損われない。

第4図は本発明の方法に用いるに適した真空注入装置の断面図である。

第4図において、401は液晶などの光学変調可能な液状物質を注入するための空セル、402はその注入口を示す。空セル401は、第1図に示す液晶105を注入する前の空セル構造を有している。注入口402は、一般に巾2ミリメートル程度で、それ以上であつてもよく、またそれ以下であつてもよい。注入口402は、シール部材408の一部を開口させて形成することができ、またその他に基板の有効表示面以外の個所に設けることもできる。

空セル401は、先ず真空装置409の蓋(図示せず)をあけて、そこから真空装置409の内に配置する。この時、真空装置409の内に光学変

調可能な液状物質405(例えば、液晶、エレクトロクロミック材料など)を満たしたポート404と毛細管403をそれぞれ配置しておく。毛細管403の一方の口は、液状物質405に浸漬されて配置されており、この時毛細管403の他方の口まで液状物質405が毛管現象によつて吸い上げられる。

次いで、真空装置409を密閉した後、リークバルブ406を閉じて、排気バルブ407を開放することによつて真空装置409の内を真空状態とする。真空状態は、空セルの容量によつて異なるが、一般的に10 Torr以下、好ましくは0.5 Torr以下とすることが適当である。

特に、湿気の多い夏期の間には液晶を大気に曝らすと大気中の水分が液晶中に含有される様になるため、この液晶を真空状態中に配置すると、水分が突沸する。また、水分を含有する液晶を空セル401に注入して作成した液晶光学素子は、寿命が水分を含有していないものに較べて極端に低下してしまうので、液晶光学素子への水分

の混入は完全に防ぐことが必要である。

次いで、空セル401の注入口402にそれぞれ毛細管403を接触させて、注入口402を液状物質411によつて強い、しかる後に毛細管403を注入口402から離脱させる。しかる後に、排気バルブ407を閉じて、リークバルブ406を開放することによつて、真空装置409の内を大気圧に戻すと、空セル401の気圧と大気圧との気圧差により注入口402を横ついていた液状物質411が空セル401の各荷状スペース412間に導通口413を通して一様に各荷状スペース412間に注入される。また、必要に応じて真空装置409の内を大気圧以上とすることもできる。この際、荷状スペース412に設けた導通口413の位置は、特に限定されることはないが、できる限り第4図に示す様にシール部材408側に設けることが望ましい。又、この導通口の開口幅は、0.1mm～5mm、好ましくは0.5mm～3mm程度が適している。

また、本発明の方法で用いるポート404は、

にしておくことが好ましく、こうすることによつて、水分を含まない液晶を常に毛細管に充填させることができ、従つて突沸現象と共に生じる毛細管からの液晶の脱落を有効に防止することができる。又、毛細管の他端を液状物質を満たしたポート内に浸漬しておく、毛細管の他方の口まで液状物質を毛管現象によつて送ることができる。

本発明で用いる毛細管は、その内径を a とした時、 $0.25\text{mm} \leq a \leq 2.5\text{mm}$ （式中、 a はセルの厚さを示す。）とすることが好ましいが、 a は2.5mmを超えてもよい。また、0.25mmに満たなくともよく、特に制限されるものではない。毛細管の一般的な内径 a は、0.1mm～7mm程度が適している。また、毛細管は広範なものから作られるが、好ましくはガラス、ステンレス、アルミニウムあるいはその合金を用いることが適している。

第5図は、本発明の別の好ましい具体例を示している。第5図に示す断面表示用液晶表示素

ガラス、プラスチック（ポリフッ化エチレン、ポリ塩化ビニル、ポリメタクリレートなど）、ステンレスあるいはアルミニウムなどによつて作成することができ、その内径の大きさは毛細管403の外径より少し大きくすることゝ済み、且つ液状物質405の深さは1～2ミリメートル程度でよい。従つて、液状物質405を交換する場合でもムダになるものを少なくすることができる。

又、前述の方法に従つて空セル中に $8m^{\circ}C$ 又は $8m^{\circ}H$ 液晶を充填する場合に、ポート404に加熱手段（図示せず）を設けて、この内の液状物質411を予め等方相となしておくことが望ましく、注入終了後注入口402を適当な封口材（例えば、エポキシ接着剤、ハンダなど）で封口してから、冷却してセル中に $8m^{\circ}C$ 又は $8m^{\circ}H$ 液晶に相転移させて光学変調素子とすることができる。

又、本発明の方法では前述の毛細管に液晶を充填させる段階で、既に真空装置内を真空状態

子は、第1図に示す液晶セル51が配置されている。この液晶セルの両側には直線偏光子53と54がクロスニコルの状態で配置され、又直線偏光子54の背後には（不図示の）反射体（アルミニウム蒸着膜又は銀反射体-梨地面をもつアルミニウム蒸着膜）を配置することができる。

これらの構成をもつ液晶セルは、ネサコート56を設けた1対のガラス55の間にサンドイッチされ、加熱電極57によつてネサコート56に電流を流すことにより、液晶セル51の温度コントロールを可能にすることができる。この際、液晶セル51は、走査信号源58と情報信号源59に印加された信号によつて良好に動作することができる。尚、図中52はスペーサ部材を裂わしている。

以下、本発明を実施例に従つて説明する。

実施例 1

ITO（Indium-Tin-Oxide）によつて、ストライプ状にパターン電極が形成されたガラス基板

上に以下の如くプラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 法によつて水素を含有する炭化シリコン膜 (SiC:H) を形成した。平行平板電極型プラズマ CVD 装置のアノード型にパターン電極が形成されたガラス基板を設け、真空にした後、基板温度が 2000°C になるよう加熱した。

反応槽内に、 SiH_4 ガスと CH_4 ガスを流量がそれぞれ 10 sccm 、 300 sccm となるようにコントロールして導入した。このとき反応槽内のガス圧は約 0.2 Torr であつた。次に、 13.56 MHz の高周波電源を ON し、平行平板電極のカソード側に電圧を印加し、グロー放電を発生させ反応を開始した。約 10 分間の反応により、基板上に、約 2000 Å の SiC:H 膜が形成された。

次にこの SiC:H 膜上にポリイミド形成溶液 (日立化成工業(株)製の「PIQ」; 不揮発分濃度 14.5 wt\%) を 3000 rpm で回転するスピナー塗布機で 10 秒間塗布し、 120°C で 30 分間加熱を行なつて 2 μ の被膜を形成した。

次いで、ポジ型レジスト溶液 (Shipley 社製

の「AZ1350」) をスピナー塗布し、プリベークした。このレジスト膜上に、マスク巾 8 μ 、マスク部のピッチ 100 μ のストライプ状で、且つこのマスク部の端部から 2 mm 内側の側所に長さ 2 mm の非マスク部を設けたストライプ状マスクを用いて露光した。次いでテトラメチルアンモニウムヘイドロオキサイド含有の現像液「MF312」で現像することにより、露光部分のレジスト膜とその下層のポリイミド膜のエッチングを行ないスルーホールを形成させ、水洗、乾燥を行なつた後、メチルエチルケトンを用いて未露光部のレジスト膜を除去した。しかる後、 200°C で 60 分間、 350°C で 30 分間の加熱により硬化を行ない、PIQ (ポリイミド) 帯状で導通口をもつスペーサー層を形成した。

次いで、ストライプ状スペーサーのストライプ方向に沿つて、布により、ラビング処理を行なつた後、水とアセトンにより順次洗浄し、乾燥させた後、シランカップリング剤 (信越化学工業(株)製:「KBM403」) 1% 水溶液に浸け、

引き上げた後、加熱乾燥し、(A) 電極板を作製した。

次いで前記作成法と同様に、ITO によつてストライプ状にパターン電極が形成されたガラス基板上に、炭化シリコン膜を設けさらにシランカップリング剤により処理を行なつて、(B) 電極板を作製した。

(A) 電極板と (B) 電極板のストライプ状パターン電極が直交し、(A) 電極板と (B) 電極板の間の周辺部を 2 mm 巾の注入口なる個所を除いてエポキシ接着剤でシーリングしてセル組みして空セルを作成した。

次いで、第 4 図に示す真空装置内にステンレス製ポート内の isotropic 相の DOBAMBO 中に一方の口を浸漬させた内径 2 mm 、長さ 5 mm のガラス製毛細管、前述の空セルをそれぞれの挿入口から配設した。これらの部材を真空装置内に配設し、真空装置を密閉した後、リークバルブを閉じ、排気バルブを開放することによつて真空装置内を 0.1 Torr の真空状態とした。

次いで、空セルの下方側に設けた注入口が毛細管の一方の口まで毛管現象によつて供給されている液晶によつて覆われるまで、空セルを下降させた。その後、排気バルブを閉めてからリークバルブを開放して真空装置内に大気を導入させた。この時、注入口を覆つていた isotropic 相の DOBAMBO が空セル内に浸入し、5 分後には空セルは液晶で完全に満たされた。

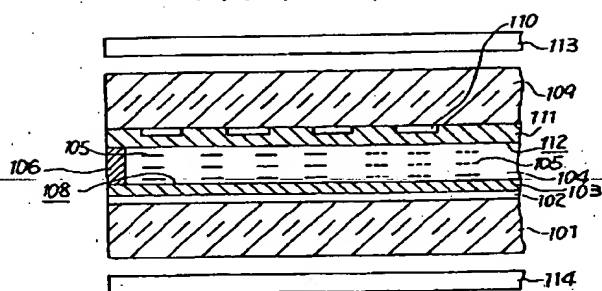
しかる後に注入口をエポキシ接着剤で封口してから、セルの温度を徐々に冷却してモノドメインを形成した光学変調素子の作成を終了した。

尚、前述「PIQ」はポリイミドイソインドロキナゾリンジオンを表わしている。

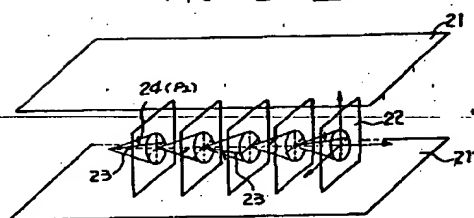
4. 図面の簡単な説明

第 1 図 (A) は本発明の光学変調素子の斜視図で、第 1 図 (B) はその側面を示す断面図で、第 1 図 (C) はその正面を示す断面図である。第 2 図は、カイラルスメクティック液晶を用いた光学変調素子を模式的に示す斜視図である。第 3 図は、本発明の光学変調素子を模式的に示す斜

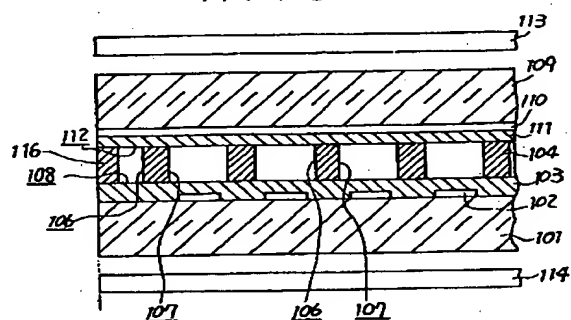
第 1 圖 (B)



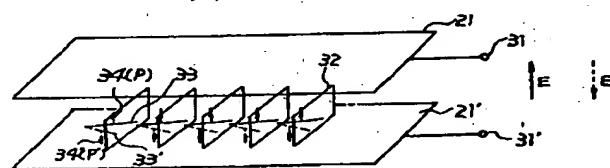
第 2 回



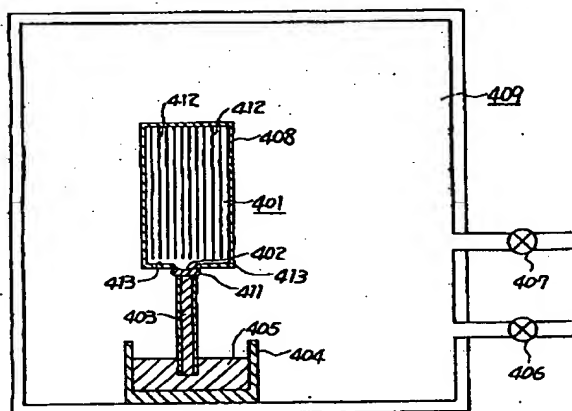
第1圖 (C)



第3回



第 4 圖



第 5 圖

